



Fotovoltaik Panellerde Farklı Tasarımların Verime Etkisinin Değerlendirilmesi

İrfan Tunçkaşık^{1*}, Ercan Köse²

^{1*} Tarsus Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Ens., Enerji Sist. Müh.ABD Yüksek Lisans Öğr., Tarsus-Mersin, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0816-3974), itunckasik@gmail.com

² Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tarsus-Mersin, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9814-6339), ekose@tarsus.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 22 Ağustos 2022 ve Kabul Tarihi 14 Eylül 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1165188)

ATIF/REFERENCE: Tunçkaşık, İ. & Köse, E. (2022). Fotovoltaik Panellerde Farklı Tasarımların Verime Etkisinin Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (41), 252-257.

Öz

Günümüzde fotovoltaik panellere dayalı güneş enerji santralleri, enerji üretimi için önemli oranlara ulaşmıştır. Bundan dolayı bu çalışmada, fotovoltaik panellerin verimliliklerini önemli ölçüde etkileyen panel iç bağlantıları incelenmiştir. Hâlihazırda kullanılan panellerde tek tip bağlantı uygulanmaktadır. Panellerde uygulanan bağlantı hücreler arası seri bağlantı şeklindedir. Panelin içerisinde hücrelerin arasındaki tüm bağlantının seri olması bazı olumsuz durumları da yanında getirmektedir. Bu çalışmada her hücresi diğerlerinden bağımsız bir güneş paneli tasarlanmış ve imal edilmiştir. Her hücrenin birbirinden bağımsız olması hücreler arası bağlantının farklı şekillerde yapılabilmesi için kullanılacak bir opsiyondur. Panelde bulunan hücrelerle birbirinden farklı seri ve paralel hücre bağlantıları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu bağlantılardan flaş test ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen değerler karşılaştırıldığında % 10'a varan bir artış elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik panel, güneş enerjisi, panel hücre ara bağlantısı, verimlilik.

Evaluation Of The Effect Of Different Designs On Efficiency In Photovoltaic Panels

Abstract

Today, solar power plants based on photovoltaic panels have reached significant percentages for energy production. Therefore, in this study, panel interconnections, which significantly affect the efficiency of photovoltaic panels, are examined. A single type of connection is applied in the panels currently used. The connection applied in the panels is in the form of serial connection between cells. The fact that all the connections between the cells in the panel are serial also brings some negative situations. In this study, a solar panel is designed and manufactured, each cell independent of the others. The fact that each cell is independent from each other is an option to be used to make the connection between cells in different ways. Different serial and parallel cell connections are created with the cells on the panel. Measurements were made with the flash test from these connections. When the values obtained from the measurements were compared, an increase of up to 10% was obtained.

Keywords: Photovoltaic panel, solar energy, panel cell interconnection, efficiency.

* Sorumlu Yazar: itunckasik@gmail.com

1. Giriş

Günümüz teknolojisinde elde edilen yenilikler ve buna bağlı olarak teknolojinin farklı alanlarda da kullanılabilir bir formatta var olması enerjiye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Elektrikğin hayatımızdaki yeri öncelikli olarak aydınlatma üzerine iken günümüz teknolojisinde ısıtma-soğutma, pişirim, ev içi elektrikli makine ve aletlerin çalıştırılması için kullanılmaktadır. Ayrıca elektrik enerjisi, sanayi ve teknolojik fabrika ve işyerlerindeki üretim ve işleyişin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bunların yanı sıra elektrik enerjisi, elektrikli araçların enerji ihtiyacının karşılanması için yeni bir kullanım alanı olarak yeri almıştır. Bu durum da kişi başı enerji tüketimin artmasına bağlı olarak enerji ihtiyacını arttırmaktadır.

Sürekliliği ve çevreci oluşu nedeniyle güneş enerjisi bu ihtiyaçların karşılanmasında tercih sebebi olmaktadır. Fakat güneş ışınımı ile güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin veriminin düşük olması, akademik çalışmaları bu verimi arttırmaya yöneltmiştir. Bu bağlamda verimi etkileyen faktörlerden birisi panelin ısınması olarak belirlenmiştir. Paneli soğutmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu soğutma uygulamasında hava ve su ile yapılanlarda aktif ve pasif olarak da ikiye ayrılmaktadır. Aktif su ile soğutma %47'lik verime ulaşmış, pasif olanlar ise %5 oranında daha düşük verim artışını sağlamışlardır (Karakaya & Şen, 2019). Akışkanlar haricinde faz değiştiren maddelerle de soğutma denenmiştir. Bunlar yüzeydeki ısıyı depolayıp faz değiştiren malzemelerdir. Bu malzemeler ile yapılan testlerde %1,1 – 2,8 aralığında verim artışı sağlanmıştır (Karakaya & Şen, 2019). Paneller içerisinde farklı hücre tiplerinin de verime etkileri olmuştur. Monokristal de %24, polikristal de %17,4, esnek panellerde ise %15,2 ile 22,8 arasında değişmektedir (Karakaya & Şen, 2019).

Panelin kendisinden kaynaklı olan verim etkenlerinin dışında çevresel etkenlerin de verime etkisi bulunmaktadır. Bunlar içerisinde bazılarını yönelik çalışmalar yapılmıştır. Gölgeleme ile verim arasında ciddi bir etkileşim vardır. Gölgeleme esnasında %25 'e varan kayıplar ölçülmüştür (Karakaya & Şen, 2019).

Yine çevresel etkenlerden tozlanma verimi etkileyen bir unsurdur. Tozlanma ile birlikte noktasal kirlenmeleri de dahil edebiliriz bu kategoriye. Bu durumların da etkisinin de % 10 oranında olduğu tespit edilmiştir. Noktasal kirlenmelerin hücrelerde kalıcı deformasyona yol açması da bu etken türüne özgü bir durumdur (Karakaya & Şen, 2019). Güneş panelleri ışına ile enerji üretmektedir bu yüzden yansıma da verimi etkilemektedir. Yansıma panelin açısı ve paneldeki yüzey kaplamaya göre değişmektedir (Ismael, 2022). Sistem ekipmanlarındaki kayıplarda verime etkilemektedir. Bunlar DC kablo kaybı, inverter dönüşüm kayıpları, AC kablo kaybı, panellerde seri bağlı hücrelerden herhangi birinin olması gerekenden daha düşük verime sahip olması şeklinde uyumsuzluk etkileri bulunmaktadır.

Verim artırıcı çalışmalar içerisinde yoğunlaştırıcı güneş paneli tasarlanmıştır. Panelin eğimi yoğunlaştırma miktarları ile birlikte %44 ile 49 arasında değişen verimler elde edilmiştir. Bu çalışmada panelin üzerine yoğunlaştırıcı kanatçıklar eklenmiştir (Ismael, 2022). Farklı bir yoğunlaştırıcı sistemde ise su damlası modelinde yoğunlaştırma düzeneğine güneş paneli yerleştirilmiş ve verimi gözlemlenmiştir (Rahmanov, 2019).

Panel üzerindeki verimi etkileyen unsurlardan yansıma ile ilgili yapılan çalışmada panelin cam yüzeyi farklı yağlar ile yağlanmış ve üretim değerleri ölçülmüştür. Amaç ışık geçirgenliğini arttırmaktır. Test esnasında yağsız yüzey ile karşılaştırılanlar labovac, motor, fren, zeytin ve ayçiçek yağı yüzeyler olmuştur. 25 ° C 'de yapılan ölçümlerde %26,2 'lik verim artışı gözlemlenmiştir. Ayçiçek yağı kullanılarak panelin cam yüzeyi yağlandığında ise %17,8 oranında güç çıkışında azalma meydana gelmiştir; motor, fren ve zeytinyağında ise ortalama%5-7 arasında verim artışı ölçülmüştür (Abd-Elhady, Fouad, & Khalil, 2016).

Panelden elde edilen gerilim seviyesi de güneş enerjisi sistemlerinde verimi etkilemektedir. DC-DC dönüştürücü ile yapılan bir testte 15-20v arasında panelden gelen gerilimin girişi sabit 20V çıkışa çevrilmiştir. Bu çevrim esnasında panelden elde edilen gerilimin sabit 2 enerjinin kullanım şeklide verimi etkilemektedir. Panelden elde edilen enerjinin değişkenlik gösterdiği çıkış voltajının ise sabit olduğu bir deney düzeneğinde 15-20 V arasında toplam güç çıkışının sabit olduğu durumda verimi giriş ile çıkışın aynı olduğu gerilim seviyesinde dönüşüm verimliliği %100 'e ulaşmıştır (Kim, Kim, Min, Yoo, & Kim, 2009).

Endüstride kullanılan fotovoltaik panellerde tam ve yarım hücreli ürünler bulunmaktadır. Bu ürünlerin akım ve gerilim değerlerinde değişkenlikler vardır (Karadavut, 2019). Bu çalışmada, söz konusu bu değişkenlikler ile birlikte aynı markanın eşit veya yakın güçlerdeki panellerinin üretim simülasyonu yapıp birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Fotovoltaik Panellerde Hücreler Arası Bağlantı Deney Düzeneği

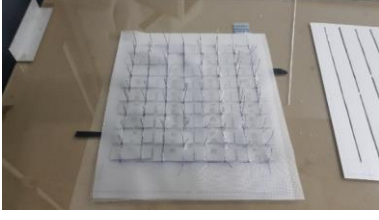
Hücreler arasında ki bağlantı dış etkenlerden dolayı kopacak olursa bu da hücreler arasındaki seri bağlantıyı etkilemektedir. Buna sebep olan durumlardan birisi de hücrelerdeki termal yüklerdir. Oluşan termal yükler hücreler arasındaki bağlantıları olumsuz etkilemektedir (Aly, Ahzi, Barth, & Abdallah, 2022)

Bu çalışmada hazırlanan deney düzeneğinde özdeş hücreler ile elde edilen panel birkaç aşamadan geçmiştir. Bu aşamalar hücrelerin iletim için ribonlarının bağlantısının yapılması her hücrenin ayrı olacak şekilde, ardından panel içerisine yerleşiminin yapılması. Laminasyon sürecinde de eva ve backsheet'in bu hücrelere göre hazırlanmasını kapsamaktadır.

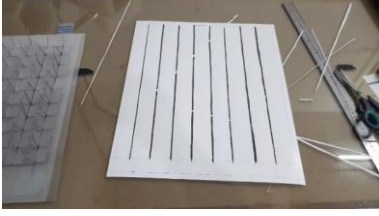
Deney düzeneğinin hazırlanması ile ilgili süreçler **Şekil 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7'**de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ribon bağlantıları yapılmış hücreler



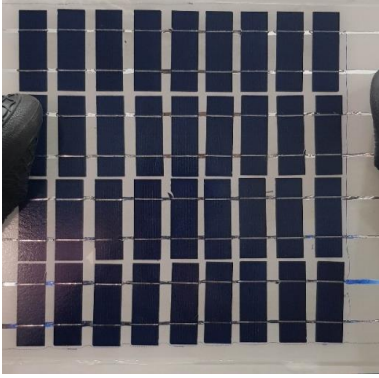
Şekil 2. Hücrelere bağlı ribbonların evadan çıkartılmış hali



Şekil 3. Backsheet' in hazırlanmış hali



Şekil 4. Panel laminasyonu



Şekil 5. Panel laminasyonu sonrası panelin ön yüzeyi



Şekil 6. Panel laminasyonu sonrası panelin arka yüzeyi



Şekil 7. Test için flash test cihazına panel bağlantısının yapılması

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Hücreler arası gerilim ve akım değerlerinin gözlemlenebilmesi için farklı bağlantı şekilleri uygulanmıştır. Bu bağlantılar içerisinde farklı şekillerde seri ve paralel bağlantı şekilleri bulunmaktadır.

Oluşturulan bağlantılar esnasında ölçülen FF değeri fotovoltaik modüllerde, modülün en yüksek çıkış gücünün açık devre gerilimi ile kısa devre elektrik akımına çarpımının oranını verir. Yani ölçümü yapılan hücrenin, $V_{mpp} \times I_{mpp}$ değerinin $V_{oc} \times I_{sc}$ değerlerine oranıdır (Dülger, Çubukçu, & Schmid, 2017). Ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması esnasında FF değerleri de **Tablo 4, 6 ve 8**'de verilmiştir.

Bu deneyde oluşturulan bağlantı yapıları **Şekil 8**'de tek dizi olarak gösterilmektedir. Dizilerin birbirine paralel bağlantısı örnek gösterimi ise **Şekil 9**'da yer almaktadır. Deneyde oluşturulan bağlantı yapıları **beş, altı, on birli** seri olarak **Şekil 10, 11, 12**'de görselleştirilmiştir. Bu yapı haricinde dört adetten yirmi üç adet sıralı şekilde seri hücre bağlantı yapısı da ölçümlere dâhil edilmiştir. Her bir seri bağlantı yapısında değişmekle birlikte birbirine paralel bağlantı yapıları da bulunmaktadır.

Görsel ile ifade edersek;



Şekil 8. Altılı seri hücre bağlantı şekli



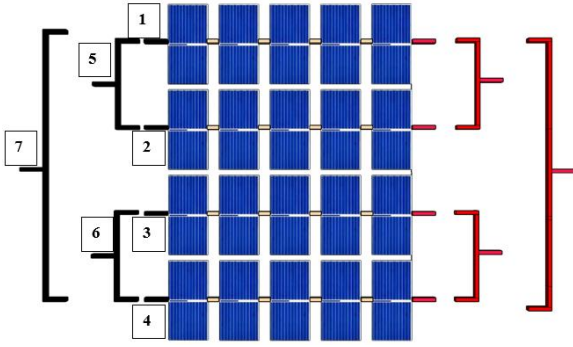
Şekil 9. Birbirine paralel iki adet altılı seri hücreler

Ölçümler esnasında Şekil 8'deki gibi tek hücre dizisi ölçülmüştür. Daha sonra Şekil 9'da görüldüğü gibi aynı hücre sayısına sahip hücre dizisi paralel bağlanıp ve tekrar ölçüm yapılmıştır.

Tablo 1, 3, 5'te belirtilen ölçüm numarası sütunu Şekil 11, 12 ve 13 'te kutucuk içerisinde belirtilen numaraları ifade etmektedir.

4. Bağlantı Şekilleri ve Elde Edilen Değerler

4.1.1. Beş Seri Hücreli Dizi



Şekil 10. Birbirine paralel iki adet altılı seri hücreler

Tablo 1. Beşli seri hücrelerin seri ve paralel bağlantılarında elde edilen değerler

Ölçüm No	Birbirine Paralel Dizi Sayısı	Dizideki Seri Hücre Sayısı	Dizi Sırası	Kısa Devre Akımı (Isc)	Açık Devre Voltajı (Voc)	Maksimum Güç Akımı (Ipm)	Maksimum Güç Voltajı (Vpm)	Maksimum Güç (Pm)	Görsel numarası
1	1	5	1	0,780	2,890	0,747	2,276	1,70	472
2	1	5	2	0,785	2,894	0,747	2,292	1,713	473
3	1	5	3	0,795	2,902	0,766	2,347	1,798	474
4	1	5	4	0,810	2,896	0,773	2,284	1,765	475
5	2	5	1	1,683	2,905	1,590	2,182	3,468	476
6	2	5	2	1,712	2,911	1,646	2,266	3,728	477
7	4	5	1	3,521	2,917	3,342	2,145	7,166	478

Tablo 1 ve 2 'de Şekil 10 'da ki bağlantı yapısının ölçüm sonuçları yer almaktadır. Bu değerleri incelediğimizde;

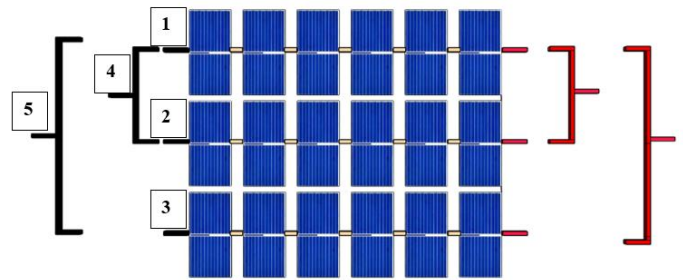
- Ipm için: Paralel dizi sayısı artan her dizide %8-10 arasında artış göstermiştir.
- Vpm için: Paralel dizili ölçümlerde elde edilen değerler tekli hücre dizisine göre % 4-8 arasında azalma göstermiştir.
- Pm için: Paralel bağlı dizilerde tekli dizilerin değerine kıyasla %5'e kadar artış görülmüştür.

Tablo 2. Beşli seri hücrelerin seri ve paralel bağlantılarında elde edilen FF değerleri

Görsel numarası	Seri hücre sayısı	Birbirine paralel dizi sayısı	Dizi Sırası	FF Oranı
472	5	1	1	75.4
473	5	1	2	75.37
474	5	1	3	77.95
475	5	1	4	75.23
476	5	2	1	70.95
477	5	2	2	74.78
478	5	4	1	69.77

Tablo 2'de ölçüm yapılan cihazdan elde edilen FF değerleri yer almaktadır. Paralel bağlantılar arttıkça FF değerlerinde azalma gözlenmiştir.

4.1.2. Altı Seri Hücreli Dizi



Şekil 11. Hücreler arası altılı seri ve paralel bağlantı yapısı

Tablo 3. Altı seri hücrelerin seri ve paralel bağlantılarında elde edilen değerler

Ölçüm No	Birbirine Paralel Dizi Sayısı	Dizideki Seri Hücre Sayısı	Dizi Sırası	Kısa Devre Akımı (Isc)	Açık Devre Voltajı (Voc)	Maksimum Güç Akımı (Ipm)	Maksimum Güç Voltajı (Vpm)	Maksimum Güç (Pm)	Görsel numarası
1	1	6	1	0,754	3,54	0,729	2,886	2,102	465
2	1	6	2	0,801	3,53	0,760	2,888	2,196	467
3	1	6	3	0,816	3,539	0,779	2,903	2,261	469
4	2	6	1	1,665	3,541	1,587	2,882	4,572	470
5	3	6	1	2,593	3,550	2,468	2,828	6,976	471

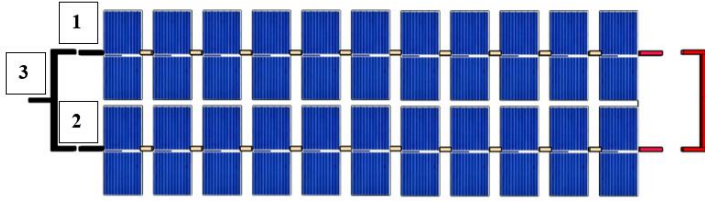
Tablo 4. Altılı seri hücre bağlantılarından elde edilen FF değerleri

Görsel numarası	Seri hücre sayısı	Birbirine paralel dizi sayısı	Dizi Sırası	FF Oranı
465	6	1	1	78.78
467	6	1	2	77.70
469	6	1	3	78.26
470	6	2	1	77.54
471	6	3	1	75.80

Şekil 11 'de oluşturulan bağlantı yapısının ölçüm sonuçları Tablo 3 ve 4'te yer almaktadır. Bu bağlantı yapısı birbirine seri altı hücrenin tekil ve paralel bağlı olduğu durumlardaki ölçüm değerlerini barındırmaktadır. Tablo 3 ve 4 'te ki değerleri göz önünde bulundurduğumuzda;

- İpm için: Tekil dizilerde yapılan ölçümlere göre 3'lü paralel dizi de tekil dizi başına düşen İpm değerinde %5-12 arasında artış gerçekleşmiştir.
- Vpm için: Paralel bağlı durumdaki ölçümlerde tekil bağlı duruma kıyasla Vpm değerlerinde %2-3 arasında azalma olmuştur.
- Pm için: Ayrı ayrı yapılan ölçümlere göre %3-10 arasında artış görülmüştür.

4.1.3. Onbir Seri Hücreli Dizi



Şekil 12. Hücreler arası on birli seri ve paralel bağlantı yapısı

Tablo 5. On birli seri hücrelerin seri ve paralel bağlantılarında elde edilen değerler

Ölçüm No	Birbirine Paralel Dizi Sayısı	Dizideki Seri Hücre Sayısı	Dizi Sırası	Kısa Devre Akımı (Isc)	Açık Devre Voltajı (Voc)	Maksimum Güç Akımı (Ipm)	Maksimum Güç Voltajı (Vpm)	Maksimum Güç (Pm)	Görülme
1	1	11	1	0,803	6,739	0,785	5,558	4,360	4
2	1	11	2	0,794	6,729	0,766	5,495	4,206	4
3	2	11	1	1,712	6,760	1,660	5,553	9,216	4

Tablo 6. On birli seri hücrelerin seri ve paralel bağlantılarında elde edilen FF değerleri

Görsel numarası	Seri hücre sayısı	Birbirine paralel dizi sayısı	Dizi Sırası	FF Oranı
458	11	1	1	80.56
459	11	1	2	78.76
460	11	2	1	79.63

Şekil 12 'de oluşturulan bağlantı yapısının ölçüm sonuçları Tablo 5 ve 6 'da verilmiştir. Bu bağlantı yapısı birbirine seri on bir hücrenin tekil ve paralel bağlı olduğu durumdaki ölçüm değerlerini barındırmaktadır. Ölçüm sonuçlarını değerlendirdiğimizde;

- İpm için: Ayrı ayrı yapılan ölçümlere göre 2'li paralel dizi de birim İpm değerinde %5-8 arasında artış gerçekleşmiştir.
- Vpm için: Ayrı ayrı yapılan ölçümlere kıyasla birim dizi de %1'e kadar artış görülmüştür.
- Pm için: Ayrı ayrı yapılan ölçümlere göre birim dizi de %6-10 arasında artış görülmüştür

4.1.4. Dörtten Yirmüç Hücreye Sıralı Dizi

Tablo 7. Dörtten Yirmüç Hücreli Sıralı Dizi Ölçüm Değerleri

Ölçüm No	Birbirine Paralel Dizi Sayısı	Dizideki Seri Hücre Sayısı	Dizi Sırası	Kısa Devre Akımı (Isc)	Açık Devre Voltajı (Voc)	Maksimum Güç Akımı (Ipm)	Maksimum Güç Voltajı (Vpm)	Maksimum Güç (Pm)	Görsel numarası
1	1	4	1	0.778	2.270	0.750	1.854	1.391	433
2	1	5	1	0.777	2.909	0.763	2.389	1.823	434
3	1	6	1	0.778	3.550	0.771	2.931	2.260	440
4	1	7	1	0.780	4.193	0.774	3.481	2.692	441
5	1	8	1	0.786	4.832	0.778	4.003	3.114	442
6	1	9	1	0.788	5.467	0.776	4.525	3.510	443
7	1	10	1	0.790	6.102	0.779	5.055	3.937	444
8	1	11	1	0.792	6.752	0.784	5.597	4.388	445
9	1	12	1	0.794	7.385	0.782	6.107	4.775	446
10	1	13	1	0.792	8.020	0.782	6.627	5.180	447
11	1	14	1	0.793	8.673	0.779	7.162	5.579	448
12	1	15	1	0.797	9.312	0.787	7.687	6.045	449
13	1	16	1	0.797	9.959	0.788	8.247	6.500	450
14	1	17	1	0.798	10.174	0.785	8.288	6.507	451
15	1	18	1	0.803	10.773	0.772	8.800	6.794	452
16	1	19	1	0.804	11.461	0.783	9.350	7.315	453
17	1	20	1	0.807	12.089	0.783	9.897	7.744	454
18	1	21	1	0.809	12.726	0.789	10.426	8.229	455
19	1	22	1	0.805	13.207	0.791	10.942	8.654	456
20	1	23	1	0.812	13.838	0.793	11.486	9.101	457

Tablo 7 ve 8 üretimi gerçekleştirilen panelde sağlam hücrelerin birbirine seri bağlanması ve sıralı seri ölçümleri sonucu elde edilen değerleri bulundurmaktadır.

- İpm için: Seri bağlantıda olan hücreler eklenerek ölçüm yapıldığından her eklenen hücre ile birlikte bir önceki elde edilen değerle kıyaslandığında elde edilen İpm değeri %1'e kadar artış göstermiştir.
- Vpm için: Ölçüme dâhil edilen hücre sayısı arttıkça birim hücre için Vpm değeri 16. hücreye kadar artış göstermiştir. 16. hücreden sonra en yüksek değere kıyasla %3-5 arasında daha düşük değerler elde edilmiştir.
- Pm için: Ölçüme dâhil edilen hücre sayısı arttıkça birim hücre için Pm değeri 16. hücreye kadar artış göstermiştir. 16. hücreden sonra %3-5 arasında daha düşük değerler elde edilmiştir

Ölçümlerde bazı hücrelerde elde edilen düşük gerilim seviyeleri ribbon lehimleme, laminasyon esnasında olabilecek mikro çatlaklardan veya hücrenin kendi yapısından kaynaklı olması olasılığını barındırmaktadır.

Tablo 8. Dörtten Yirmiiç Hücreli Sıralı Dizi Ölçüm FF Değerleri

Görsel numarası	Seri hücre sayısı	Birbirine paralel dizi sayısı	Dizi Sırası	FF Oranı
433	4	1	1	78.73
434	5	1	1	80.59
440	6	1	1	81.81
441	7	1	1	82.34
442	8	1	1	82
443	9	1	1	81.47
444	10	1	1	81.70
445	11	1	1	82.08
446	12	1	1	81.47
447	13	1	1	81.59
448	14	1	1	81.07
449	15	1	1	81.42
450	16	1	1	81.88
451	17	1	1	80.17
452	18	1	1	78.51
453	19	1	1	79.34
454	20	1	1	79.38
455	21	1	1	79.96
456	22	1	1	81.39
457	23	1	1	81.04

5. Sonuç

Oluşturulan panel yapıları ve ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde bağlantı düzeneğinde özdeş hücre dizilerinin paralel bağlantı sayılarının artması elde edilen akım ve gerilim değerlerinin hücre de üst değerine yakın ve kararlı olmasını sağlamakla birlikte, hücre dizisi içerisinde yer alabilecek düşük üretimli hücrelerin toplam güç çıkışına etkisini azaltmaktadır. Yapılan çalışmada %10 'a kadar verim artışına ulaşılmıştır. Elde edilen toplam gücün haricinde değişken bağlantı ile güneş panelinden elde edilen gerilim değerinin doğru akım dönüştürücüsünün çıkış gerilimine yakın olması da dönüştürücüsünün verimini arttırmaktadır.

5. Teşekkür

Bu çalışmada deney düzeneğinin oluşturulmasında değerli desteklerini esirgemeyen ve atölyelerini kullanımına izin veren Gookir Global ailesine teşekkür ederim.

Kaynakça

- Abd-Elhady, M., Fouad, M., & Khalil, T. (2016, 02 23). Improving The Efficiency Of Photovoltaic (PV) Panels By Oil Coating. *Energy Conversion And Management*, S. 1-7.
- Aly, S. P., Ahzi, S., Barth, N., & Abdallah, A. (2020). Numerical Analysis Of The Reliability Of Photovoltaic Modules Based On The Fatigue Life Of The Copper Interconnects. *Solar Energy*, 212, 152-168.
- Dülger, G., Çubukçu, M., & Schmid, A. (2017). Fotovoltaik Modüllerin Güç Ölçümü. İzmir, Freiburg.
- Ismael, J. A. (2022, Ocak). Fotovoltaik Panellerin Verimliliğinin Artırılması Yöntemlerinin İncelenmesi. Samsun.
- Karadavut, A. (2019). Yarı Kesik Ve Tam Hücreli Fotovoltaik Modüllerin Matematiksel Modellenmesi. Denizli.
- Karakaya, H., & Şen, İ. E. (2019, 11 22). Fotovoltaik Panellerde Verim İyileştirme Yöntemleri. *Academic Platform*, S. 1179-1188.
- Kim, H. S., Kim, J. H., Min, B. D., Yoo, D. W., & Kim, H. J. (2009). A Highly Efficient Pv System Using A Series Connection Of Dc–Dc Converter Output With A Photovoltaic Panel. *Renewable Energy*, 34(11), 2432-2436.
- Rahmanov, T. (2019). Fotovoltaik Panellerde Performans. Samsun.